

Sel dan baterai sekunder untuk penggunaan sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual – Persyaratan umum dan metoda pengujian



Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Kondisi penggunaan	4
5 Karakteristik fungsional dan persyaratan.....	6
6 Ketelitian instrumen pengukuran	8
7 Persiapan contoh untuk pengujian	9
8 Uji kapasitas	9
9 Uji ketahanan siklus.....	10
10 Saran pemanfaatan uji.....	11
11 Keselamatan.....	11
12 Dokumentasi.....	11

Prakata

Penerapan dan pemanfaatan berbagai Sistem Fotovoltaik di Indonesia telah berlangsung sejak awal tahun 1980-an. Pengkajian kelayakan penerapan sistem fotovoltaik dimulai dan Pilot Proyek *Solar Village* (bekerjasama dengan TUV Rheinland, Jerman) pada awal tahun 1980-an, kemudian dilanjutkan dengan Pilot Proyek *Village Electrification & Pumping System* (Kerjasama NEDO, Jepang) di Kenteng, Yogyakarta pada tahun 1987. Pada tahun 1990 setelah sukses dalam penerapan *Solar Home System (SHS)* di desa Sukatani, Jawa Barat, dimulailah penyebarluasan sistem Fotovoltaik untuk penerangan pedesaan melalui Proyek Banpres dengan memasang 3445 unit SHS di 15 Propinsi Indonesia. Sejak saat itu sistem Fotovoltaik sudah dikenal luas dalam masyarakat. Pada tahun 1998 dengan dicanangkannya Proyek Sejuta Rumah: *50 MWp Photovoltaic Rural Electrification*, maka dimulailah era komersialisasi sistem-sistem Fotovoltaik.

Untuk mengantisipasi makin berkembangnya bisnis dalam bidang fotovoltaik, maka diperlukan standar spesifikasi teknis, pedoman dan metoda uji komponen serta prosedur penentuan kualifikasi rancangan dan klasifikasi peringkat sistem fotovoltaik termasuk Sistem Fotovoltaik Individual (SFI) atau SHS. Standarisasi ini mempunyai maksud ganda: guna melindungi konsumen dari ketidaksesuaian spesifikasi komponen/sistem yang dijual di pasaran, dan melindungi produsen dari akibat kesalahan persepsi dari masyarakat dalam pemanfaatan sistem fotovoltaik. Dengan adanya standar diharapkan para produsen dan agen juga dapat mempunyai satu dasar perhitungan yang sama untuk mengklasifikasikan sistem fotovoltaik yang dijualnya ke dalam satu sistem peringkat.

Dalam bidang standarisasi, Indonesia telah cukup lama terlibat dalam penyusunan dan pengusulan standarisasi khususnya SHS ke forum internasional. Pada saat Proyek Banpres dimulai, spesifikasi teknis SHS yang digunakan untuk proyek ini juga dimanfaatkan oleh World Bank dan AusAID sebagai standar SHS untuk dipasarkan di beberapa negara berkembang. Spesifikasi teknis ini kemudian diusulkan oleh TUV Rheinland sebagai anggota tetap IEC/TC-82 ke forum IEC/TC-82 (*International Electrotechnic Commission/Technical Committee 82: Solar Photovoltaic*) sebagai masukan untuk Draft Standar SHS. Dengan demikian Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) yang dibuat ini mengacu pada Draft SHS dari standar IEC/TC-82 yang didalamnya memasukkan spesifikasi teknis yang dibuat oleh Indonesia.

Sel dan baterai sekunder untuk penggunaan sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual – Persyaratan umum dan metoda pengujian

1 Ruang lingkup

Standar ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh batere sekunder yang digunakan pada sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual.

Sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual adalah sistem pembangkit yang tidak dihubungkan dengan sistem jaringan listrik (PLN). Daya sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual dapat digabungkan dengan sumber pembangkit listrik lain seperti: generator angin, generator air, atau generator diesel.

Standar ini mencakup persyaratan dan metoda uji yang berlaku bagi semua batere sekunder sel timah hitam dan *nikel-kadmium*, dari jenis *vented* atau *sealed*.

2 Acuan normatif

IEC 61427-1 Ed. 1, *Secondary cell and batteries for solar photovoltaic energy system – General requirement and method of test*, January 1999

AS 4086.1-1993, *Secondary batteries for use with stand-alone power system*, March 1993

IEC 60896-1, *Stationary Lead acid batteries, General requirement and method of test, Part 1. Vented type*, 1987

3 Istilah dan definisi

3.1

sel

unit dasar elektrokimia yang digunakan untuk menyimpan energi listrik

3.2

batere

unit yang terdiri dari satu sel atau lebih yang dihubungkan secara seri, paralel atau seri-paralel untuk mencatu tegangan dan arus ke beban

3.3

sel atau batere sekunder

sebuah sel atau batere yang dapat diisi ulang

3.4

kapasitas (C)

besarnya energi listrik dalam amper-jam (Ah) yang dapat diberikan oleh sebuah batere yang terisi penuh pada satu kondisi khusus

Kapasitas dari sebuah sel atau batere diberi tanda dengan simbol C. Karena kapasitas dapat bervariasi sesuai dengan laju pelepasan muatan, simbol C diikuti dengan angka kecil yang menunjukkan laju pelepasan muatan. C₁₂₀ berarti kapasitas dalam amper-jam dengan laju pelepasan muatan 120 jam, pada kondisi temperatur 20°C. Tegangan akhir saat pelepasan muatan tergantung pada tipe batere dan kondisi operasi.

Kapasitas dispesifikasikan sebagai berikut :

- a) Kapasitas aktual (C_a) - jumlah besaran listrik dalam amper-jam (Ah) yang dapat dikeluarkan dari sebuah sel atau batere untuk suatu kondisi operasi tertentu yaitu laju pelepasan muatan, temperatur, kondisi muatan awal, umur, dan tegangan akhir.
- b) Kapasitas nominal (C_{nom}) - jumlah besaran listrik dalam amper-jam (Ah) yang dinyatakan oleh manufaktur sebagai kapasitas yang dapat diberikan dalam keadaan penuh dan pada kondisi khusus (laju pelepasan, tegangan akhir dan temperatur).

3.5

laju pengisian dan pelepasan

besarnya arus masuk pada saat pengisian atau pelepasan muatan batere. Laju pengisian dan pelepasan dapat dinyatakan dalam amper atau sebagai perkalian antara suatu faktor dengan kapasitas nominal batere. Sebagai contoh, jika suatu batere mempunyai kapasitas nominal 500 Ah pada laju pelepasan 10 jam dan dilepaskan dengan arus 50 A, maka laju pelepasan ini dapat dinyatakan sebagai $0,1 \times C_{10}$.

3.6

pengisian

konversi energi listrik secara proses kimia menjadi energi potensial dalam sebuah sel yang dinyatakan dengan adanya arus searah yang mengalir berlawanan arah dengan proses pelepasan muatan

3.7

siklus

satu urutan pengisian dan pelepasan muatan hingga mencapai kedalaman pelepasan muatan tertentu

3.8

umur siklus

sejumlah siklus pada temperatur tetap yang dapat diberikan oleh sebuah sel atau batere sebelum batere dinyatakan gagal dalam uji kapasitas

3.9

pelepasan

proses pelepasan muatan listrik dari sebuah sel atau batere melalui konversi energi kimia menjadi energi listrik

3.10

derajat kedalaman pelepasan (*Depth of Discharge :DOD*)

jumlah muatan yang dikeluarkan pada laju tertentu pada sebuah batere. DOD dinyatakan dalam persentasi kapasitas nominalnya. Sebagai contoh, pelepasan muatan 60 Ah dari batere 100 Ah menyatakan -DOD sebesar 60 %.

3.11

siklus kerja (*Duty Cycle*)

daerah kerja dari sebuah sel atau batere termasuk didalamnya faktor-faktor seperti laju pengisian dan pelepasan muatan, DOD, panjang siklus, serta lamanya waktu kondisi siap pakai

3.12

efisiensi Coulomb (*Coulombic Efficiency*)

perbandingan antara amper jam yang dikeluarkan dari sebuah sel atau batere terhadap amper jam yang dibutuhkan untuk mengembalikan kepada kapasitas semula

3.13**elektrolit**

media yang memungkinkan terjadinya perpindahan ion antara elektroda positif dan elektroda negatif

3.14**tegangan pengisian akhir (*End of Charge Voltage*)**

tegangan sel atau baterai pada saat pengisian akhir dihentikan, apabila digunakan sumber pengisian arus konstan

3.15**tegangan pelepasan akhir (*Cut-Off voltage, end voltage*)**

tegangan sel atau baterai yang dianjurkan pada saat pelepasan akhir dihentikan

3.16**laju pengisian akhir (*Finishing charge rate*)**

laju pengisian spesifik sebuah sel atau baterai ketika mendekati penuh (100% SOC)

3.17**umur (*Life*)**

periode dimana sebuah sel atau baterai masih mampu beroperasi diatas 80% kapasitas nominal, umur dapat dinyatakan dalam siklus

3.18**baterai wadah tunggal (*Monoblock battery*)**

sebuah baterai sekunder dimana sel-selnya tersusun didalam suatu wadah dengan satu ruang atau lebih

3.19**tegangan kerja nominal (*Nominal operating voltage*)**

tegangan kerja pada terminal sebuah sel atau baterai

3.20**tegangan nominal (*Nominal voltage*)**

suatu harga tegangan yang dinyatakan untuk mengidentifikasi jenis baterai. Pada standar ini tegangan sel timah hitam dinyatakan 2 Volt, sedangkan sel nikel kadmium 1,2 Volt

3.21**pengisian berlebih (*Overcharge*)**

pengisian muatan listrik yang berlanjut setelah semua material aktif terkonversi kembali, atau pengisian dilanjutkan setelah baterai mencapai kondisi 100% SOC. Pengisian Berlebih tidak meningkatkan energi yang disimpan didalam sel, bahkan dapat mengurangi umur

3.22**pelepasan muatan tanpa beban (*Self-discharge*)**

proses dimana kapasitas yang tersedia dari sebuah baterai berkurang secara perlahan-lahan tanpa beban

3.23**laju pelepasan muatan tanpa beban (*Self-discharge rate*)**

penurunan kapasitas (dalam persen) per satuan waktu dari sebuah sel atau baterai sebagai akibat dari proses Pelepasan Muatan tanpa Beban

3.24**tingkat keadaan muatan (*State of charge: SOC*)**

jumlah kapasitas yang tersisa yang masih dapat digunakan dibandingkan dengan kapasitas penuh, SOC dinyatakan dalam prosentase dari kapasitas nominal batere. Sebagai contoh pelepasan 25 Ah dari sebuah batere dengan kapasitas nominal 100 Ah dinyatakan 75% SOC.

4 Kondisi penggunaan

Menetapkan kondisi operasi yang dialami oleh sel atau batere sekunder yang dipakai pada sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual dalam kondisi normal.

4.1 Sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual

Sistem pembangkit listrik fotovoltaik individual dengan menggunakan batere yang dapat mencatu daya secara kontinu, bervariasi atau berselang-seling (*intermitten*) pada beban yang terhubung.

4.2 Sel dan batere sekunder

Sel dan batere sekunder yang digunakan dalam sistem fotovoltaik dapat berupa :
Vented (flooded)

Valve regulated

Gastight sealed (hanya untuk nikel kadmium)

Sel dan batere umumnya dipasarkan dalam kondisi sebagai berikut :

Di-discharge dan dikosongkan (hanya nikel kadmium)

Di-charge dan terisi elektrolit

Drycharge dan dikosongkan (hanya batere sel timah hitam)

Di-discharge dan terisi (hanya batere nikel-kadmium)

4.3 Kondisi operasi umum

Batere dalam sistem fotovoltaik yang beroperasi dalam kondisi cuaca umum akan mengalami kondisi sebagai berikut:

4.3.1 Waktu otonomi (*Autonomy Time*)

Batere dirancang untuk mencatu energi dibawah kondisi yang spesifik untuk suatu periode waktu tertentu antara 3 sampai 15 hari tanpa pengisian muatan.

4.3.2 Arus pengisian dan pelepasan spesifik

Arus Pengisian yang dihasilkan modul fotovoltaik

a) Arus Pengisian maksimum $I_{20} = C_{20}/20 \text{ h}$

b) Arus Pengisian rata-rata $I_{50} = C_{50}/50 \text{ h}$

Arus Pelepasan melalui beban

Arus Pelepasan rata-rata $I_{120} = O_{120}/120 \text{ h}$

Arus diatas dapat diubah dan disesuaikan berdasarkan rancang bangun dan tujuan penggunaan sistem.

4.3.3 Siklus harian

Batere secara normal diperlakukan pada suatu siklus sebagai berikut:

Pengisian selama siang hari

Pelepasan selama malam hari

Pelepasan harian umumnya bervariasi antara 2 sampai 20 persen dari kapasitas batere.

4.3.4 Siklus musiman

Batere dapat mengalami siklus tingkat keadaan muatan musiman karena kondisi pengisian rata-rata yang bervariasi sebagai berikut :

Perioda radiasi surya yang rendah, pada saat musim hujan yang menyebabkan produksi energi yang rendah.

Tingkat keadaan muatan batere (kapasitas yang tersedia) dapat menurun sampai 20% dari kapasitas nominalnya.

Perioda dengan radiasi surya yang tinggi pada saat musim panas yang akan menyebabkan batere dalam kondisi penuh. Batere dapat mengalami pengisian berlebih

4.3.5 Perioda dengan tingkat keadaan muatan yang tinggi

Pada saat musim kemarau batere akan beroperasi pada tingkat keadaan muatan yang tinggi yaitu antara 80% sampai 100%.

Suatu regulator tegangan biasanya digunakan untuk membatasi tegangan maksimum batere selama perioda pengisian.

CATATAN dalam sistem modul *self regulated*, tegangan batere tidak dibatasi oleh BCR tetapi oleh karakteristik modul fotovoltaik itu sendiri. Perancang sistem umumnya akan memilih tegangan batere yang maksimum dengan mempertimbangkan pemulihan tingkat keadaan muatan batere dapat terjadi secepat mungkin pada saat pengisian tanpa menyebabkan pengisian berlebih yang berlebihan. Kondisi pengisian berlebih meningkatkan produksi gas yang menyebabkan konsumsi air yang tinggi pada sel jenis *vented*. Pada sel timah hitam *valve regulated* kondisi pengisian berlebih akan menyebabkan peningkatan emisi gas dan produksi panas. Secara khusus tegangan sel maksimum dibatasi sampai 2,4 Volt untuk batere sel timah hitam dan 1,55 volt untuk batere nikel kadmium. Beberapa *regulator* mengakomodasi kemungkinan batas tegangan ini terlewati beberapa saat untuk mengakomodasi proses ekualisasi atau *boost charge*. Kompensasi temperatur harus digunakan jika terjadi penyimpangan kurang atau lebih 10°C dari standar 20°C.

4.3.6 Perioda tingkat keadaan muatan rendah

Selama perioda radiasi surya rendah, energi yang diproduksi modul fotovoltaik mungkin tidak mencukupi untuk pengisian kembali batere. Sehingga tingkat keadaan muatan batere akan menurun dan proses siklus akan terjadi pada tingkat keadaan muatan rendah.

4.3.7 Stratifikasi elektrolit

Stratifikasi elektrolit dapat terjadi pada batere sel timah hitam. Pada batere *vented*, stratifikasi dapat dihindarkan dengan cara pengadukan elektrolit atau pengisian berlebih yang bersifat periodik dalam keadaan beroperasi.

4.3.8 Transportasi

Batere seringkali dioperasikan pada daerah yang terpencil dan sulit dijangkau transportasi. Oleh karena itu batere dapat mengalami masalah penanganan yang kurang baik, saat diangkut ketempat tujuan. Pengepakan yang baik untuk melindungi batere perlu diperhatikan.

Batere sel timah hitam dianjurkan dikirim dalam kondisi kering dan dengan elektrolit yang dikemas secara terpisah, sedangkan sel timah hitam dalam kondisi basah dianjurkan dikirim

hanya untuk lokasi dekat dan mudah dijangkau.

4.3.9 Penyimpanan

Penyimpanan baterai harus memperhatikan rekomendasi dari manufaktur. Jika tidak tersedia informasi tersebut, kondisi iklim di bawah ini dapat diperhatikan.

Tabel 1 Julat temperatur kondisi lingkungan penyimpanan baterai

Tipe Baterai	Julat temperatur	Kelembaban	Periode penyimpanan baterai	
			Dengan elektrolit	Tanpa elektrolit
Sel timah hitam	-20°C s/d 40°C	< 95%	Sampai 6 bulan	1 – 2 tahun (dry charge)
Nikel kadmium	-40°C s/d 50°C	< 95%	Sampai 6 bulan	1 – 5 tahun (drained)

Baterai yang berisi elektrolit dan bermuatan, memerlukan pengisian ulang secara periodik. Interval dan metoda pengisian ulang apabila perlu dapat dikonsultasikan dengan pihak manufaktur.

Kapasitas dapat berkurang sesuai dengan kondisi temperatur dan kelembaban lingkungan selama penyimpanan.

CATATAN Hindari penyimpanan baterai dari radiasi surya langsung.

4.3.10 Temperatur operasi

Temperatur lingkungan merupakan faktor penting untuk pemilihan baterai dan penentuan umur baterai. Kondisi iklim di bawah ini perlu diperhatikan.

Tabel 2. Julat temperatur kondisi baterai

Tipe baterai	Julat temperature	Kelembaban
Sel timah hitam	-20°C s/d +40°C	< 95%
Nikel Kadmium	-40°C s/d +50°C	< 95%

5 Karakteristik fungsional dan persyaratan

5.1 Kapasitas

Karakteristik utama dari sebuah sel atau baterai sekunder adalah kemampuannya untuk menyimpan energi listrik yang dinyatakan dalam ampere-jam (Ah), bervariasi menurut kondisi penggunaan (temperatur elektrolit, arus pelepasan dan tegangan akhir).

Kapasitas pada laju 5, 10, 20, 120 dan 240 jam harus disediakan oleh manufaktur karena laju ini digunakan pada sistem fotovoltaik individual.

Tabel 3 - Kapasitas batere dalam aplikasi fotovoltaiik

Kapasitas (Ah)	Arus (A)	Perioda pelepasan (H)	Tegangan akhir (volt) per sel	
			Sel timah hitam	Nikel kadmium
C_{240}	I_{240}	240	1,90	1,00
C_{120}	I_{120}	120	1,85	1,00
C_{20}	I_{20}	20	1,85	1,00
C_{10}	I_{10}	10	1,80	1,00
C_5	I_5	5	1,75	1,00

5.2 Daya tahan siklus

Daya tahan siklus adalah kemampuan sebuah batere untuk bertahan terhadap proses pengisian dan pelepasan muatan. Data daya tahan siklus diberikan bersamaan dengan nilai tertentu dari DOD, dan batere harus kembali ke keadaan terisi penuh dalam setiap siklus. Batere dikarakterisasi dalam jumlah siklus yang dapat dicapai sebelum kapasitas menurun menjadi 80% kapasitas nominal.

Uji siklus dijelaskan dalam beberapa standar berikut:

IEC 60896-1 untuk batere stasioner sel timah hitam (tipe vented)

IEC 60896-2 untuk batere stasioner sel timah hitam (VRLA)

IEC 61056-1 untuk batere portable sel timah hitam (VRLA)

IEC 60622 untuk batere sealed nikel kadmium

IEC 60623 untuk batere vented nikel kadmium

Pada penggunaan sistem fotovoltaiik individual, batere akan mengalami banyak sekali jumlah siklus yang dangkal pada berbagai harga SOC. Oleh karena itu batere atau sel harus sesuai dengan persyaratan pengujian yang dinyatakan dalam butir 8 dan 9 yang merupakan simulasi dari pengoperasian sistem fotovoltaiik individual.

5.3 Pengatur muatan batere (*Battery charge regulator*)

Pengisian berlebih tidak akan meningkatkan jumlah energi yang tersimpan dalam batere, bahkan pengisian berlebih ini akan mengakibatkan konsumsi air yang berlebihan pada batere jenis *vented* sehingga memperpendek interval perawatan.

Lebih jauh lagi pada batere VRLA akan mengering, sehingga akan kehilangan kapasitasnya sama sekali ataupun terjadi *overheating*.

Pengisian berlebih dapat dikontrol dengan cara menggunakan *charge controller* yang sesuai. Parameter *controller* harus memperhatikan efek dan desain modul fotovoltaiik, beban, temperatur dan besaran-besaran pembatas bagi suatu batere yang diberikan oleh pihak manufaktur.

Batere *vented* sel timah hitam atau nikel kadmium harus mempunyai elektrolit yang cukup untuk mencakup paling tidak peroda antara perawatan yang telah direncanakan. Pengisian berlebih pada *VRLA* harus betul-betul dikontrol untuk mendapatkan umur yang optimum.

Konsumsi air harus diukur selama berlangsungnya uji ketahanan siklus pada Bagian 9 dan data ini dapat digunakan bersama - sama dengan informasi sistem desain untuk memperkirakan interval perawatan.

5.4 Konservasi kapasitas muatan tanpa pengisian (*Charge retention*)

Kemampuan suatu batere untuk menahan kapasitas selama perioda tanpa pengisian, pada saat transortasi atau penyimpanan batere yang sudah terisi elektrolit. Manufaktur harus menyediakan data konservasi kapasitas muatan tanpa pengisian.

5.5 Efisiensi pengisian

Efisiensi pengisian (*Charge Efficiency*) adalah rasio antara muatan listrik yang diberikan oleh sel atau batere selama pelepasan dengan muatan listrik yang diperlukan untuk mengembalikan SOC seperti pada keadaan awal sesuai dengan kondisi khusus yang sudah ditetapkan.

Jika data efisiensi tidak disediakan oleh manufaktur maka dapat diasumsikan efisiensi sebagai berikut, perhatikan tabel 4.

Tabel 4 Efisiensi pengisian berbagai SOC pada temperatur 20 °C

SOC	Efisiensi sel timah hitam	Efisiensi sel nikel kadmium
90%	> 85%	> 80%
75%	> 90%	> 90%
<50%	> 95%	> 95%

5.6 Proteksi pelepasan muatan berlebih

Batere sel timah hitam harus diproteksi terhadap pelepasan muatan berlebih untuk menghindari kehilangan kapasitas yang disebabkan oleh proses sulfatisasi permanen. Hal ini dapat dilakukan dengan pemutus beban tegangan rendah yang bekerja otomatis jika tegangan DOD maksimum dilampaui (tegangan akhir lihat pada tabel 3).

CATATAN batere nikel kadmium tidak memerlukan proteksi.

6 Ketelitian instrumen pengukuran

Dalam menguji batere, parameter dan harga ketelitian dibawah ini harus dipenuhi, perhatikan tabel 5.

Tabel 5 Ketelitian instrumen pengukuran

Parameter	Ketelitian
Tegangan	$\pm 1\%$
Arus	$\pm 1\%$
Temperatur	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
Kerapatan elektrolit	$\pm 0,005 \text{ kg/ltr}$
Waktu	$\pm 0,1\%$

7 Persiapan contoh untuk pengujian

Contoh batere dipersiapkan sesuai dengan instruksi yang dikeluarkan oleh manufaktur. Seluruh pengujian harus dilakukan dengan kondisi batere dalam keadaan muatan penuh.

Batere dinyatakan dalam keadaan muatan penuh jika:

- Pada saat pengisian dengan arus konstan, tegangan dan densitas elektrolit yang diamati tidak mengalami perubahan (diluar toleransi alat ukur) selama perioda dua jam.
- Pada saat pengisian dengan tegangan konstan, arus dan densitas elektrolit yang diamati tidak mengalami perubahan (diluar toleransi alat ukur) selama perioda dua jam.
- Pada tiap sel, batas elektrolit harus disamakan sampai batas maksimum.
- Apabila diperlukan penambahan air untuk mengembalikan derajat ketinggian elektrolit, air tersebut harus sesuai dengan spesifikasi yang disarankan manufaktur.

8 Uji kapasitas

8.1 Batere harus dipersiapkan sesuai Butir 7;

8.2 Temperatur elektrolit dari masing-masing sel pada batere harus segera dibaca sebelum dilakukan pelepasan muatan. Temperatur batere harus diantara 10 °C sampai 35 °C. Temperatur awal dari elektrolit batere (t_r dihitung dari rata-rata temperatur individual sel pada batere. Temperatur ambient harus dijaga antara 10°C sampai 35°C;

8.3 Dalam waktu 1 sampai 24 jam setelah pengisian muatan dilakukan, batere harus di uji dengan arus pelepasan nominal (I_{nom}). Arus ini harus dijaga konstan $\pm 1\%$ selama waktu pelepasan muatan dilakukan, pengaturan secara manual dimungkinkan bila diperlukan. Dalam hal ini penyimpangan arus pelepasan muatan diberi toleransi $\pm 5\%$ dari nilai yang ditentukan.

8.4 Tegangan antar terminal sel atau batere harus diukur terhadap waktu, secara otomatis maupun manual dengan menggunakan Volt meter. Pembacaan dilakukan paling tidak pada 25%, 50% dan 80% dari waktu pelepasan muatan;

$$t = \frac{C_{nom}}{I_{nom}} \quad (\text{Jam})$$

Selanjutnya pengukuran dilakukan pada interval waktu tertentu, yang memungkinkan deteksi saat transisi sampai dicapai tegangan akhir pelepasan muatan V_{akh} .

8.5 Pelepasan muatan dihentikan jika tegangan yang diukur telah mencapai

$$n \cdot V_{akh} \text{ (Volt)}$$

n adalah jumlah sel batere.

8.6 Kapasitas tak terkoreksi C (Ah) pada temperatur awal batere t_r , dihitung sebagai hasil kali arus pelepasan muatan (dalam Amper) dengan waktu pelepasan muatan (dalam jam).

8.7 Jika temperatur awal rata-rata berbeda dengan temperatur rujukan (20°C), maka kapasitas yang diukur C harus dikoreksi dengan menggunakan formula berikut untuk mendapatkan kapasitas aktual C_a pada temperatur rujukan:

$$C_a = \frac{C}{1 + e(t_r - 20)} \text{ (Ah)}$$

dengan koefisien $e = 0,006$ (kecuali bila diberikan oleh manufaktur).

8.8 Sel atau baterai harus dilakukan pengisian ulang sesuai butir 7.

8.9 Pelepasan dan pengisian muatan yang dilakukan berulang ulang pada baterai baru sesuai dengan Butir 8.1 sampai dengan 8.8, dan harus dapat memberikan :

$C_a = 0,95 C_{nom}$ pada siklus pertama

$C_a = C_{nom}$ pada atau sebelum siklus kelima

Pengujian untuk verifikasi kapasitas harus dilakukan pada dua macam laju pelepasan muatan, yaitu 120 jam dan salah satu dari laju pelepasan muatan 20 jam atau 10 jam.

9 Uji ketahanan siklus

Uji ketahanan siklus adalah simulasi yang dipercepat dari proses operasi baterai dalam sistem fotovoltaik individual, dan harus dilakukan dengan menguji baterai dalam dua fasa pengujian.

Contoh uji pengujian harus dipersiapkan sesuai bagian 7 dan juga harus lulus uji kapasitas bagian 8.

Pengujian dimulai dengan baterai dalam keadaan kapasitas penuh. Atur temperatur baterai sampai $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ dan distabilkan setelah 16 jam. Jaga temperatur baterai pada temperatur $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ selama pengujian.

9.1 Fase A : Siklus dangkal pada SOC yang rendah

- Lakukan pelepasan muatan baterai dengan arus 1_{10} selama 9 jam atau untuk alasan keamanan hentikan pelepasan muatan jika tegangan sel telah mencapai 1,5 Volt untuk baterai sel timah hitam dan 0,8 Volt untuk baterai nikel kadmium;
- Lakukan pengisian ulang baterai dengan arus $1,03 \times 1_{10}$ selama 3 jam;
- Lakukan pelepasan muatan baterai dengan arus I_{10} selama 3 jam;
- Ulangi langkah b) dan c) selama 49 kali, kemudian lakukan pengisian ulang baterai sampai kondisi kapasitas penuh.

9.2 Fase B : Siklus dangkal pada SOC yang tinggi

- Lakukan pelepasan muatan baterai dengan arus pelepasan $1,25 \times 1_{10}$ selama 2 jam
- Lakukan pengisian kembali baterai selama 6 jam pada arus 1_{10} dengan tegangan pengisian maksimum 2,4 Volt per sel untuk baterai sel timah hitam dan 1,55 Volt untuk baterai nikel kadmium.
- Ulangi langkah a) dan b) selama 100 kali, kemudian isi kembali baterai sampai kondisi kapasitas penuh.
- Lakukan pengukuran kapasitas dengan cara melakukan pelepasan muatan pada temperatur $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ pada laju 1_{10} sampai dicapai tegangan akhir 1,8 Volt per sel untuk baterai sel timah hitam dan 1,0 Volt untuk baterai nikel kadmium

Kapasitas terukur $Ca = 1_{10} \times t$ (Ah)

9.3 Akhir kondisi pengujian

- Ulangi siklus fase A dan fase B dan akhiri pengujian jika kapasitas aktual yang diuji pada temperatur $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$ kurang dari 80 % dari kapasitas nominal pada laju C.
- Harga kapasitas aktual yang diukur pada butir 9.2.d harus diperhitungkan dan digrafikkan terhadap jumlah siklus dalam penambahan bertahap 150 siklus. Satu fase A dan satu fase B harus dihitung sebagai 150 siklus.

9.4 Konsumsi air pada pengujian batere *vented* sel timah hitam

Selama pengujian ketahanan siklus sel atau batere jika diperlukan dapat ditambahkan air. Jumlah air yang ditambahkan harus diukur dan dilaporkan.

9.5 Persyaratan

Jumlah siklus yang diperoleh saat pengujian selesai tidak boleh kurang dari yang dinyatakan oleh manufaktur.

10 Saran pemanfaatan uji

10.1 Uji tipe

Uji kapasitas dan uji siklus merupakan uji tipe. Paling sedikit 3 (tiga) batere harus diuji kapasitasnya maupun daya tahan siklusnya.

10.2 Uji terima

10.2.1 Uji pabrik

Uji Terima harus disetujui antara dua pihak pelanggan dan manufaktur. Kesesuaian terhadap merek, label dan *rating* kapasitas harus di periksa.

10.2.2 Uji terima akhir

Uji terima akhir (*Commissioning Test*) dianjurkan untuk membuktikan integritas batere terpasang dengan cara uji kapasitas.

11 Keselamatan

Merujuk pada instruksi dari pihak manufaktur untuk prosedur yang harus diperiksa selama instalasi, uji terima akhir, pengoperasian, pembongkaran dan pembuangan.

12 Dokumentasi

Merujuk pada dokumentasi dari pihak manufaktur untuk transportasi, penyimpanan, uji terima akhir, pemasangan, pengoperasian dan perawatan.

Manufaktur harus memberitahu jika ada tindakan khusus untuk pengisian awal, karena hanya tersedia panel tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik.